

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3396270号

(P3396270)

(45) 発行日 平成15年4月14日(2003.4.14)

(24) 登録日 平成15年2月7日(2003.2.7)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

H 0 4 J 14/00

H 0 4 B 9/00

E

H 0 4 B 10/02

M

10/18

H 0 4 J 14/02

請求項の数14(全 27 頁)

(21) 出願番号 特願平5-242564

(22) 出願日 平成5年9月29日(1993.9.29)

(65) 公開番号 特開平7-107069

(43) 公開日 平成7年4月21日(1995.4.21)

審査請求日 平成11年3月11日(1999.3.11)

(31) 優先権主張番号 特願平5-198674

(32) 優先日 平成5年8月10日(1993.8.10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1
番1号

(72) 発明者 石川 丈二

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 尾中 寛

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(72) 発明者 宮田 英之

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
富士通株式会社内

(74) 代理人 100092978

弁理士 真田 有

審査官 遠山 敬彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光分散補償方式

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 送信機(21)、中継器(22)および受信機(23)を含み該中継器(22)を介して該送信機(21)からの信号光を該受信機(23)へ伝送する光伝送系(20)における分散量を補償する光分散補償方式において、

正負符号の異なる分散量を有する2種類の光分散補償器ユニット(24A、24B)を予め用意し、
該2種類の光分散補償器ユニット(24A、24B)をそれぞれ該光伝送系(20)に挿入し、
該光伝送系(20)の伝送特性が良好となる方の光分散補償器ユニットを該2種類の光分散補償器ユニット(24A、24B)の中から選択して該光伝送系(20)に挿入・設置することを特徴とする、光分散補償方式。

【請求項2】 送信機(21)、中継器(22)および

受信機(23)を含み該中継器(22)を介して該送信機(21)からの信号光を該受信機(23)へ伝送する光伝送系(20)における分散量を補償する光分散補償方式において、

正負符号の異なる分散量を有する2種類の光分散補償器ユニット(24A、24B)を予め用意し、
該光伝送系(20)における分散量を測定し、
測定された分散量の符号とは反対の符号の光分散補償器ユニットを該2種類の光分散補償器ユニット(24A、24B)の中から選択して該光伝送系(20)に挿入・設置することを特徴とする、光分散補償方式。

【請求項3】 送信機(21)、中継器(22)および受信機(23)を含み該中継器(22)を介して該送信機(21)からの信号光を該受信機(23)へ伝送する光伝送系(20)における分散量を補償する光分散補償

方式において、
正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニット（25A、25B）を予め用意し、
該複数種類の光分散補償器ユニット（25A、25B）を、設置数、組合せを変えながらそれぞれ該光伝送系（20）に挿入し、
該光伝送系（20）の伝送特性が良好となる設置数、組合せの光分散補償器ユニット（25）を、該複数種類の光分散補償器ユニット（25A、25B）の中から選択・決定し該光伝送系（20）に挿入・設置することを特徴とする、光分散補償方式。

【請求項4】 送信機（21）、中継器（22）および受信機（23）を含み該中継器（22）を介して該送信機（21）からの信号光を該受信機（23）へ伝送する光伝送系（20）における分散量を補償する光分散補償方式において、
正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニット（25A、25B）を予め用意し、
該光伝送系（20）における分散量を測定し、
測定された分散量に基づいて、信号光の分散値が伝送可能な分散値内になる設置数、組合せの光分散補償器ユニット（25）を、該複数種類の光分散補償器ユニット（25A、25B）の中から選択・決定し、該光伝送系（20）に挿入・設置することを特徴とする、光分散補償方式。

【請求項5】 該光伝送系（20）が、互いに波長の異なる複数チャネルの信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合、
該光伝送系（20）中で、信号光を各波長毎に一波ずつ波長分離し、各波長の信号光のチャネル毎に該光分散補償器ユニット（25、25A、25B）を設置することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光分散補償方式。

【請求項6】 該光伝送系（20）が、互いに波長の異なる複数チャネルの信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合、
該光伝送系（20）中で、信号光を複数波ずつに分離し、複数波の信号光からなるチャネルグループ毎に該光分散補償器ユニット（25、25A、25B）を設置することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光分散補償方式。

【請求項7】 該光伝送系（20）が、互いに波長の異なる複数チャネルの信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合、
該光伝送系（20）中で、該複数チャネルの信号光に対し一括して該光分散補償器ユニット（25、25A、25B）を設置することを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の光分散補償方式。

【請求項8】 該光伝送系（20）における該送信機（21）、該中継器（22）、該受信機（23）の少な

くとも一つに、該光分散補償器ユニット（25、25A、25B）を追加して組み込むことにより、該光分散補償器ユニット（25、25A、25B）を該光伝送系（20）に挿入・設置することを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の光分散補償方式。

【請求項9】 該光分散補償器ユニット（25、25A、25B）を基板（27）上に実装したパッケージ（28）として構成し、該パッケージ単位で該光分散補償器ユニット（25、25A、25B）の入換え・組込みを行なうことを特徴とする請求項8記載の光分散補償方式。

【請求項10】 送信機（21）、中継器（22）および受信機（23）を含み該中継器（22）を介して該送信機（21）からの信号光を該受信機（23）へ伝送する光伝送系（20）における分散量を補償する光分散補償方式において、

該光伝送系（20）における該送信機（21）、該中継器（22）、該受信機（23）の少なくとも一つに、正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニット（25A～25D）を、切換手段（29A～29C）を介して該光分散補償器ユニット（25A～25D）の組合せの切換・変更可能な状態で接続して予め内蔵し、該切換手段（29A～29C）を操作することにより、該複数種類の光分散補償器ユニット（25A～25D）の中から適当な組合せの光分散補償器ユニット（25A～25D）を選択して切り換え該光伝送系（20）に挿入・設置することを特徴とする、光分散補償方式。

【請求項11】 該切換手段（29A～29C）を外部からの制御信号により操作することを特徴とする請求項10記載の光分散補償方式。

【請求項12】 該切換手段（29A～29C）を該受信機（23）側からの制御信号により操作して該光分散補償器ユニット（25A～25D）の組合せを切り換えると同時に、該受信機（23）側にて該光伝送系（20）の伝送特性を測定して、該光伝送系（20）の伝送特性が最適となる組合せの光分散補償器ユニット（25A～25D）を決定し、

該受信機（23）側からの制御信号により該切換手段（29A～29C）を操作し、該光分散補償器ユニット（25A～25D）の組合せを、決定された該光伝送系（20）の伝送特性が最適となる組合せに切り換えることを特徴とする請求項11記載の光分散補償方式。

【請求項13】 該切換手段（29A～29C）が、機械的スイッチにより構成されていることを特徴とする請求項10～12のいずれか1項に記載の光分散補償方式。

【請求項14】 該切換手段（29A～29C）が、光スイッチにより構成されていることを特徴とする請求項10～12のいずれか1項に記載の光分散補償方式。

【発明の詳細な説明】

【0001】(目次)

産業上の利用分野

従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

作用

実施例

- ・第1実施例の説明(図1, 図19)
- ・第2実施例の説明(図2)
- ・第3実施例の説明(図3～図5)
- ・第4実施例の説明(図6～図8)
- ・第5実施例の説明(図9～図11)
- ・第6実施例の説明(図12～図15)
- ・第7実施例の説明(図16～図18)

発明の効果

【0002】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばエルビウムドープ光ファイバ増幅器(Er-Doped Fiber Amplifier: 以下、EDFAという)を用いた長距離・超高速光通信システムにおいて、伝送距離と伝送速度との制限要因の一つである自己位相変調と波長分散(群速度分散)との相互効果(以下、SPM-GVD効果という)による波形劣化を補償する光分散補償方式に関する。

【0003】

【従来の技術】近年の飛躍的な情報量の増加に伴って、大容量の通信システムが必要となっており、現在、この通信システムの構築のための研究も活発に行なわれている。このような通信システムの大容量化を実現するには、光通信システムによる実現が最も有望視されており、例えば、現在では2.4Gb/sの光通信システムとともに、EDFAを用いた光増幅多中継システムが実用化されつつあるが、今後、さらに進行する情報化に伴い、情報量はますます増加することが予想され、この情報量の増加に対応して大容量化された光通信システム構築が望まれるところである。

【0004】光通信システムの大容量化の方法としては、伝送速度の高速化という意味で時間軸上での多重化をはかるTDM(時分割多重)方式や、光周波数軸上での多重化をはかるWDM[波長分割多重; 一般に、波長間隔の比較的広いものをWDM方式、高密度多重したものをFDM(周波数分割多重)方式と呼んでいる]方式が挙げられる。

【0005】このうち、TDMのような多重化においては、伝送速度を高速化させるため、送信機、受信機内の電子回路の高速化が必要となり、現状では数十Gb/sが限界と考えられている。一方、光ファイバの広帯域性を利用したWDM(FDM)方式では、伝送速度の高速化と併用することで、数十～数百Gb/sの大容量化が可能であり、光カプラ、光フィルタ等を用いた光多重化装置、光分離装置(MUX/DEMUX)により、多重

・分離が光領域で簡単に行なえるため電子回路に対する負担も軽減される。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光通信システムの長距離化および高速化を制限する要因には、光ファイバ損失による損失制限と波長分散による帯域制限とがある。損失制御は、EDFAの出現によりほぼ解決され、数千km以上の超長距離光通信システムの構築も可能になってきている。

【0007】しかし、多中継光増幅システムにおける中継間隔は、主に、①各光増幅中継器でのASE(自然放光: Amplified Spontaneous Emission)累積による光SNR(Signal to Noise Ratio)劣化と、②Kerr効果を介したSPM-GVD効果による波形劣化との2つの要因で制限される。

【0008】これらのうち②のSPM-GVD効果による波形劣化は光ファイバ伝送路と正負反対符号の分散値をもつ光分散補償器を用いて補償できることは既知であり、そのSPM-GVD効果による波形劣化および分散補償効果は、スプリット・ステップ・フーリエ法を用いて非線形シュレディンガー方程式を解くことにより容易にシミュレーション可能である。

【0009】上述の目的で用いられる光分散補償器には、それぞれの区間の光ファイバ分散量に対応可能であること、最適分散補償量を実現するまでの工数削減および時間短縮、且つ、低コスト化が可能であることが要求される。また、光分散補償技術は、現在敷設中の1.55μm分散シフトファイバ(以下、DSFという)伝送路網だけでなく、既設の1.3μmシングルモードファイバ(以下、SMFという)伝送路網を利用した長距離・超高速光通信システムや、WDM(FDM)方式の光通信システムにおいても重要である。

【0010】数千km以上の超長距離光通信システムの場合、分散ペナルティーを回避するには光ファイバ伝送路の零分散波長 λ_0 を用い、非線形効果を最小限に抑えるには光ファイバの正常分散領域(分散値 $D < 0$)を用いるのが望ましいとされている。この相反する条件を満たすために、伝送路としては正常分散領域を用い、光分散補償器を用いることで、見かけの分散値を零にする手段が提案されている。また、この光分散補償技術は、DSF伝送だけでなく、約18ps/nm/kmの大きな分散値を有するSMF伝送にも有効である。

【0011】光分散補償器としては、これまで、分散補償ファイバ、トランスパースフィルタタイプ、光共振器タイプ等が提案されている。現状では、ファイバ長を変えることで分散補償量を容易に調節することができるという利点から分散補償ファイバが有望視されており、コア形状を工夫することで、分散値-100ps/(nm・km)以上が得られている。

【0012】実際の光ファイバ伝送路の零分散波長は長

手方向にばらついており、さらに、陸上の光通信システムでは、海底光通信システムのように中継間隔を一定に設定するのは難しいため、各中継区間の分散量は必ずしも一定ではない。そのため、理想的には、各中継区間毎に実際の分散量を測定してから最適な分散補償量を有する光分散補償器を挿入することが望ましいが、このような作業では、分散量測定を含めて、最適な光分散補償器を実現するまでの工数、時間、コストがかかりすぎるという課題があった。

【0013】本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、個々の伝送路に応じた光分散補償器を設計・製作することなく、SPM-GVD効果による波形劣化を容易に補償できるようにするほか、光パワーがあまり大きくない場合にはSPMはあまり起こらず波長分散（GVD）による波形劣化のみが生じることもあるが、この場合にも有効に分散補償を行なえるようにして、光通信システム構築までの工数削減および時間短縮をはかるとともに、低コスト化を実現した光分散補償方式を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】このため、本発明の光分散補償方式（請求項1）は、送信機、中継器および受信機を含み該中継器を介して該送信機からの信号光を該受信機へ伝送する光伝送系における分散量を補償するものにおいて、正負符号の異なる分散量を有する2種類の光分散補償器ユニットを予め用意し、該2種類の光分散補償器ユニットをそれぞれ該光伝送系に挿入し、該光伝送系の伝送特性が良好となる方の光分散補償器ユニットを該2種類の光分散補償器ユニットの中から選択して該光伝送系に挿入・設置することを特徴としている。

【0015】また、本発明の光分散補償方式（請求項2）は、送信機、中継器および受信機を含み該中継器を介して該送信機からの信号光を該受信機へ伝送する光伝送系における分散量を補償するものにおいて、正負符号の異なる分散量を有する2種類の光分散補償器ユニットを予め用意し、該光伝送系における分散量を測定し、測定された分散量の符号とは反対の符号の光分散補償器ユニットを該2種類の光分散補償器ユニットの中から選択して該光伝送系に挿入・設置することを特徴としている。

【0016】さらに、本発明の光分散補償方式（請求項3）は、送信機、中継器および受信機を含み該中継器を介して該送信機からの信号光を該受信機へ伝送する光伝送系における分散量を補償するものにおいて、正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニットを予め用意し、該複数種類の光分散補償器ユニットを、設置数、組合せを変えながらそれぞれ該光伝送系に挿入し、該光伝送系の伝送特性が良好となる設置数、組合せの光分散補償器ユニットを、該複数種類の光分散補償器ユニットの中から選択・決定し該光伝送系に挿入・設置

することを特徴としている。

【0017】またさらに、本発明の光分散補償方式（請求項4）は、送信機、中継器および受信機を含み該中継器を介して該送信機からの信号光を該受信機へ伝送する光伝送系における分散量を補償するものにおいて、正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニットを予め用意し、該光伝送系における分散量を測定し、測定された分散量に基づいて、信号光の分散値が伝送可能な分散値内になる設置数、組合せの光分散補償器ユニットを、該複数種類の光分散補償器ユニットの中から選択・決定し、該光伝送系に挿入・設置することを特徴としている。

【0018】上述した光分散補償方式における光伝送系が、互いに波長の異なる複数チャネルの信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合、該光伝送系中で、信号光を各波長毎に一波ずつ波長分離し、各波長の信号光のチャネル毎に該光分散補償器ユニットを設置してもよい（請求項5）、該光伝送系中で、信号光を複数波ずつに分離し、複数波の信号光からなるチャネルグループ毎に該光分散補償器ユニットを設置してもよい（請求項6）、該光伝送系中で、該複数チャネルの信号光に対し一括して該光分散補償器ユニットを設置してもよい（請求項7）。

【0019】さらに、上述した光伝送系における該送信機、該中継器、該受信機の少なくとも一つに、該光分散補償器ユニットを追加して組み込むことにより、該光分散補償器ユニットを該光伝送系に挿入・設置してもよく（請求項8）、このとき、該光分散補償器ユニットを基板上に実装したパッケージとして構成し、該パッケージ単位で該光分散補償器ユニットの入換え・組込みを行なうようにしてもよい（請求項9）。

【0020】また、本発明の光分散補償方式（請求項10）は、送信機、中継器および受信機を含み該中継器を介して該送信機からの信号光を該受信機へ伝送する光伝送系における分散量を補償するものにおいて、該光伝送系における該送信機、該中継器、該受信機の少なくとも一つに、正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニットを、切換手段を介して該光分散補償器ユニットの組合せの切換・変更可能な状態で接続して予め内蔵し、該切換手段を操作することにより、該複数種類の光分散補償器ユニットの中から適当な組合せの光分散補償器ユニットを選択して切り換え該光伝送系に挿入・設置することを特徴としている。

【0021】そして、該切換手段を外部からの制御信号により操作してもよく（請求項11）、このとき、該切換手段を該受信機側からの制御信号により操作して該光分散補償器ユニットの組合せを切り換えると同時に、該受信機側にて該光伝送系の伝送特性を測定して、該光伝送系の伝送特性が最適となる組合せの光分散補償器ユニットを決定し、該受信機側からの制御信号により該切換

手段を操作し、該光分散補償器ユニットの組合せを、決定された該光伝送系の伝送特性が最適となる組合せに切り換えてもよい（請求項12）。

【0022】また、上述した切換手段を、機械的スイッチにより構成してもよいし（請求項13）、光スイッチにより構成してもよい（請求項14）。

【0023】

【作用】上述した本発明の光分散補償方式（請求項1）では、前もって正負符号の異なる分散量を有する2種類の光分散補償器ユニットを用意しておき、それぞれを光伝送系に挿入し、伝送特性が良好な方の光分散補償器ユニットを選択することにより、正確な分散量を測定できず且つ零分散波長ばらつきをある程度把握できている場合に対応して、光伝送系の分散量を簡易的に補償することができる。

【0024】また、上述した本発明の光分散補償方式（請求項2）では、前もって正負符号の異なる分散量を有する2種類の光分散補償器ユニットを用意しておき、光伝送系の分散量を測定できる場合には、その分散量を測定し、測定された分散量の符号とは反対の符号の光分散補償器ユニットを選択することで、より確実に光伝送系の分散量を補償することができる。

【0025】さらに、上述した本発明の光分散補償方式（請求項3）では、前もって正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニットを用意しておき、光分散補償器ユニットをその設置数、組合せを変えながらそれぞれ光伝送系に挿入し、光伝送系の伝送特性が良好となる設置数、組合せの光分散補償器ユニットを選択することにより、零分散波長ばらつきが不明である場合や、零分散波長と信号光波長とが大きく離れている場合に対応して、光伝送系の分散量を簡易的に且つ最適に補償することができる。

【0026】またさらに、上述した本発明の光分散補償方式（請求項4）では、前もって正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニットを用意しておき、光伝送系の分散量を測定できる場合には、その分散量を測定し、測定された分散量に基づいて、最適な設置数、組合せの光分散補償器ユニットを選択することにより、光伝送系の分散量が確実に許容分散値以内に収まるように補償することができる。

【0027】そして、上述した光伝送系が互いに波長の異なる複数チャネルの信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合、各波長毎に（請求項5）、複数波の信号光からなるチャネルグループ毎に（請求項6）、あるいは、複数チャネルの信号光に対し一括して（請求項7）、光分散補償器ユニットを設置することができる。

【0028】さらに、上述した光伝送系における送信機、中継器、受信機の少なくとも一つに、光分散補償器ユニットを追加して組み込むことにより（請求項8）光

分散補償器ユニットを光伝送系に挿入・設置することができ、このとき、光分散補償器ユニットをプリント基板上に実装したパッケージとして構成することで（請求項9）、パッケージ単位で光分散補償器ユニットの入換え・組込みを容易に行なえ、つまりは、分散補償量を容易に変更することができる。

【0029】また、上述した本発明の光分散補償方式（請求項10）では、光伝送系における送信機、中継器、受信機の少なくとも一つに、正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニットを、切換手段を介して光分散補償器ユニットの組合せの切換・変更可能な状態で接続して予め内蔵しておくことにより、その切換手段を操作することで、複数種類の光分散補償器ユニットの中から適当な組合せの光分散補償器ユニットが選択される。

【0030】そして、切換手段は外部からの制御信号により操作することができ（請求項11）、特に、このとき、切換手段を受信機側からの制御信号により操作して光分散補償器ユニットの組合せを切り換えると同時に、受信機側にて光伝送系の伝送特性を測定し、光伝送系の伝送特性が最適となる組合せの光分散補償器ユニットを決定し、受信機側からの制御信号により切換手段を操作することにより（請求項12）、光分散補償器ユニットの組合せが、光伝送系の伝送特性が最適となる組合せに自動的に切り換えられる。

【0031】なお、上述した切換手段としては、機械的スイッチ（請求項13）や光スイッチ（請求項14）を用いることができる。

【0032】

【実施例】以下、図面を参照して本発明の実施例を説明する。

（A）第1実施例の説明

本発明の第1実施例としての光分散補償方式について説明すると、図1はそのブロック図であり、この図1において、21は電気信号を光信号に変換して送信する送信機、22は光伝送路（光ファイバ2）中に挿入される中継器で、この中継器22は、光ファイバ2中にほぼ一定間隔 $L_{In-line}$ で挿入され、線路損失により減衰した信号を増幅するインライン中継器（In-line amplifier）である。

【0033】また、23は受信した光信号を電気信号に変換する受信機で、上述した送信機21と受信機23とを、複数の中継器22を介して光ファイバ2により接続することで、光伝送系20が構成され、この光伝送系20において、送信機21からの信号光が、中継器22および光ファイバ2を介して受信機23へ伝送されるようになっている。

【0034】そして、24A、24Bはそれぞれ正の分散量+B、負の分散量-Bを有する2種類の光分散補償器ユニットであり、これらの2種類の光分散補償器ユニ

ット24A, 24Bは、予め用意されており、後述するように、光伝送系20（光ファイバ2, 送信機21, 中継器22, 受信機23のいずれかの部分）に挿入されるものである。

【0035】ところで、光伝送系20が、光ファイバ2中にほぼ一定間隔 $L_{In-line}$ で中継器22を挿入されるとともに、光ファイバ2中にほぼ一定間隔 L_{R-rep} ($> L_{In-line}$)で再生中継器（Regenerative-repeater;図示略）を挿入される光増幅再生中継システムである場合、図19により後述するように、再生中継器間隔 L_{R-rep} が長距離になるほど許容分散値は小さくなるため、チャネル（信号光）の配置位置をその許容分散値以内に収めるための光分散補償器は不可欠になっている。なお、再生中継器は、線路特性に依存した雑音の影響によって劣化した信号光が、識別不可能な状態になる前に新たなパルスにつくり直して伝送するためのもので、等化増幅（Reshaping）、リタイミング（Retiming）、識別再生（Regenerating）の3つのRからなる機能を有し、3R中継器とも呼ばれる。

【0036】上述のような光増幅再生中継システムにおいて、再生中継器の間隔 L_{R-rep} は、主に、①中継器22でのASE累積による光SNR劣化と、②光ファイバ2中でのKerr効果を介したSPM-GVD効果による波形劣化との2つの要因で制限される。同時に、光ファイバ2中への入力パワーの下限は光SNRにより制限され、上限はSPM-GVD効果によって制限される。なお、SPM-GVD効果による波形劣化の評価に対しては、前述したように、一般に、スプリット・ステップ・フーリエ法を用いて非線形シュレディンガー方程式を解くことによるシミュレーションが有効である。

【0037】図19に、伝送速度を10Gbps、中継器22の間隔 $L_{In-line}$ を70kmとして1波のみを伝送する場合の光ファイバ2への入力パワーと再生中継器の間隔 L_{R-rep} との関係の例を示す。各光増幅器（中継器22）からの光出力の変動を ± 2 dBと仮定すると、許容分散値 $D_{allow} = \pm 1 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ の場合は、再生中継器の間隔 L_{R-rep} の最大値は280kmとなり、許容分散値 $D_{allow} = \pm 2 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ の場合は、再生中継器の間隔 L_{R-rep} の最大値は210kmとなる。長距離伝送を実現するためには、許容分散値を小さく且つ光ファイバ2への入力パワーを大きく設定する必要がある。

【0038】また、光ファイバ2の零分散波長周辺の帯域を利用したWDM方式において、四光波混合（FWM: Four Wave Mixing）によるクロストークを避けるために、光ファイバ2の零分散波長と信号光波長とを離れた場合、その分の分散補償が必要となる。このような分散補償は、一波伝送、SMF伝送にも必要である。

【0039】特に、陸上の光通信システムの場合、中継間隔は一定ではなく、さらに実際の光ファイバ2の零分散波長は長手方向にばらついているため、各中継区間の

分散量を等しくすることは困難である。そのため、DSF（光ファイバ2）の零分散波長付近に信号光波長を設定した場合、各中継区間毎に分散量の正負が異なる可能性さえある。

【0040】そこで、この第1実施例では、光伝送系20の分散量を補償するために、予め用意された2種類の光分散補償器ユニット24A, 24Bをそれぞれ光伝送系20に挿入し、この光伝送系20の伝送特性が良好となる方の光分散補償器ユニット24Aもしくは24Bを選択して光伝送系20に挿入・設置している。これにより、正確な分散量を測定できず、且つ、零分散波長ばらつきをある程度把握できている場合、光伝送系20の分散量を簡易的に補償できる。

【0041】また、光伝送系20の分散量を測定できる場合には、測定された分散量の符号とは反対の符号の光分散補償器ユニット24Aもしくは24Bを選択することで、より確実に光伝送系20の分散量を補償することができる。このように、第1実施例の光分散補償方式によれば、個々の伝送路に応じた光分散補償器を設計・製作することなく、SPM-GVD効果による波形劣化を容易に補償でき、光通信システム構築までの工数削減および時間短縮を実現することができる。

【0042】ここで、第1実施例の具体的な数値例について説明する。伝送速度を10Gbps、中継器間隔 $L_{In-line}$ を70km、各光増幅器からの光出力の変動を ± 2 dBと仮定すると、図19より、許容分散値 $D_{allow} = \pm 1 \text{ ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ で最大再生中継器間隔は280kmとなり、280km伝送後の信号光の分散量としては $\pm 280 \text{ ps}/\text{nm}$ の分散補償が必要である。そこで、例えば、伝送路分散量が $+1200 \text{ ps}/\text{nm}$ の場合、分散量 $+1000 \text{ ps}/\text{nm}$ と $-1000 \text{ ps}/\text{nm}$ との光分散補償器ユニット24A, 24Bを用意した場合、分散量 $-1000 \text{ ps}/\text{nm}$ の光分散補償器ユニット24Bを伝送路中に挿入すれば、総分散量が $+200 \text{ ps}/\text{nm}$ となり、伝送可能になる。

【0043】（B）第2実施例の説明

次に、本発明の第2実施例としての光分散補償方式について説明すると、図2はそのブロック図であり、この図2中において、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているので、その説明は省略する。前述した第1実施例においては、正の分散量 $+B$ 、負の分散量 $-B$ を有する2種類の光分散補償器ユニットが予め用意されていたのに対して、この第2実施例では、正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニット25A, 25Bが予め用意されている。

【0044】ここでは、分散量B1, B2の2種類の光分散補償器ユニット25A, 25Bがそれぞれ複数個用意され、これらの光分散補償器ユニット25A, 25Bを組み合わせることで構成された光分散補償器ユニット25が、光伝送系20（光ファイバ2, 送信機21, 中継器22, 受信機23のいずれかの部分）に挿入されるよう

になっている。

【0045】そして、本実施例では、光通信システム敷設現場において、2種類の光分散補償器ユニット25A、25Bを、設置数、組合せを変えながらそれぞれ光伝送系20に挿入し、この光伝送系20の伝送特性、特に符号誤り率を測定しながら、その伝送特性が良好となる設置数、組合せの光分散補償器ユニット25（図2中では3個の光分散補償器ユニット25Aと1個の光分散補償器ユニット25Bとを組み合わせたもの）を、2種類の光分散補償器ユニット25A、25Bの中から選択・決定して光伝送系20に挿入・設置している。

【0046】これにより、零分散波長ばらつきが不明である場合や、零分散波長と信号光波長とが大きく離れている場合に対応して、光伝送系20の分散量を簡易的に且つ最適に補償することができる。また、光伝送系20の分散量を測定できる場合には、その分散量を測定し、測定された分散量に基づいて、信号光の分散値が伝送可能な分散値内になる設置数、組合せの光分散補償器ユニット25を、2種類の光分散補償器ユニット25A、25Bの中から選択・決定し、光伝送系20に挿入・設置することにより、光伝送系20の分散量が確実に許容分散値以内に収まるように補償することができる。

【0047】このように、第2実施例の光分散補償方式によっても、個々の伝送路に応じた光分散補償器を設計・製作することなく、SPM-GVD効果による波形劣化を容易に補償でき、光通信システム構築までの工数削減および時間短縮を実現することができる。なお、上述した第2実施例では、予め用意される光分散補償器ユニットを2種類とした場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0048】ここで、第2実施例の具体的な数値例について説明する。第1実施例の数値例と同様に、280km伝送後の信号光の分散量としては $\pm 280\text{ps/nm}$ の分散補償が必要である場合に、例えば、分散量A1、A2、B1、B2としてそれぞれ $+300\text{ps/nm}$ 、 $+100\text{ps/nm}$ 、 -300ps/nm 、 -100ps/nm なる光分散補償器ユニットを用意しているとすると、光分散補償器ユニットとしては、B1 \times 3個+B2 \times 1個を組み合わせで伝送路中に挿入すれば、総分散量が $+200\text{ps/nm}$ となり、伝送可能になる。

【0049】(C) 第3実施例の説明

次に、本発明の第3実施例としての光分散補償方式について説明すると、図3はそのブロック図、図4および図5はそれぞれその第1変形例および第2変形例を示すブロック図である。なお、前述した第1および第2実施例では、1波の信号光のみを伝送する場合について説明したが、本実施例では、4チャネルの信号光（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ）を波長多重して伝送する場合について説明する。

【0050】図3に示すように、本実施例においても、光伝送系20が、送信機21、中継器22、受信機23を光ファイバ2により接続して構成されているが、この

第3実施例では、送信機21は、各チャネルの電気信号を互いに波長（周波数）の異なる信号光に変換した後、これらの信号光について光波長多重を行なうもので、各チャネル毎に設けられ各チャネルの電気信号を所定波長の信号光に変換する電気/光変換部（E/O1 \sim E/O4）21aと、各チャネル毎の電気/光変換部21aからの信号光を受けてこれらの信号光を多重化するための光多重化部21bとをそなえて構成されている。

【0051】また、受信機23は、送信機21から光ファイバ2、中継器22を介して伝送されてきた多重化された信号光を分離するとともに各信号光を電気信号に変換するもので、多重化された信号光を各チャネルに分離・分配する光分離部23aと、各チャネル毎に設けられ光分離部23aから分配されてきた当該チャネルの信号光を電気信号に変換する光/電気変換部（O/E1 \sim O/E4）23bとをそなえて構成されている。

【0052】そして、本実施例では、送信機21の各電気/光変換部21aと光多重化部21bとの間に、光分散補償器ユニット25が設けられている。つまり、波長多重前の各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の信号光のチャネル毎に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bが設置されている。例えば、図3では、波長 λ_1 のチャネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つだけ設けられ、波長 λ_2 のチャネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aと分散量B2の光分散補償器ユニット25Bとが1ずつ設けられ、波長 λ_3 のチャネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つ且つ分散量B2の光分散補償器ユニット25Bが2つ設けられ、波長 λ_4 のチャネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つ且つ分散量B2の光分散補償器ユニット25Bが3つ設けられている。

【0053】このとき、各チャネルに配置される光分散補償器ユニット25A、25Bの設置数、組合せを選択する際には、第1、第2実施例により説明したように、各チャネルの伝送特性が良好となるものをトライアンドエラーにより選択してもよいし、光伝送系20の分散量が測定可能であればその測定結果に基づいて信号光の分散値が伝送可能な分散値内になるものを選択してもよい。

【0054】図3では、送信機21内に光分散補償器ユニット25を設けた場合について説明したが、この光分散補償器ユニット25は、図4、図5にそれぞれ示すように、中継器22や受信機23に設けてもよい。図4に示すように、中継器22に光分散補償器ユニット25を設ける場合、中継器22には、この中継器22を構成する光増幅器22aの後段に、増幅後の信号光を各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ 毎に一波ずつ波長分離する光分離部22bと、この光分離部22bにより分離された各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の信号光のチャネル毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置してなる光分散補

償器ユニット25と、光分散補償器ユニット25により分散補償された各チャネル毎の信号光を再び波長多重化して伝送路へ送出する光多重化部22cとが配置されている。なお、前述した光分離部22b、光分散補償器ユニット25および光多重化部22cは、光増幅器22aの前段に設けてもよい。

【0055】また、図5に示すように、受信機23に光分散補償器ユニット25を設ける場合、受信機23の光分離部23aと各光／電気変換部23bとの間に、光分散補償器ユニット25が設けられている。つまり、波長分離後の各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の信号光のチャネル毎に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bが設置されている。

【0056】このように、第3実施例の光分散補償方式によれば、光伝送系20が互いに波長の異なる信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合にも、各波長毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置することにより、上述した第1、第2実施例と同様の作用効果が得られる。なお、上述した実施例では、多重化する信号光のチャネル数が4で、各チャネル毎の分散補償のために予め用意した光分散補償器ユニットが2種類である場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0057】(D)第4実施例の説明

次に、本発明の第4実施例としての光分散補償方式について説明すると、図6はそのブロック図、図7および図8はそれぞれその第1変形例および第2変形例を示すブロック図である。なお、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているため、その説明は省略する。

【0058】前述した第3実施例では、各波長毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置する場合について説明したが、この第4実施例では、光伝送系20中で、複数波（本実施例では2波）の信号光からなるチャネルグループ毎に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置している。

【0059】即ち、図6～図8は、それぞれ、光分散補償器ユニット25を送信機21、中継器22、受信機23に設けた例を示しており、図6に示すように、送信機21に光分散補償器ユニット25を設ける場合、前述した送信機21における光多重化部21bは、電気／光変換部21aからの波長 λ_1 と λ_2 との信号光を多重化する光多重化部21cと、電気／光変換部21aからの波長 λ_3 と λ_4 との信号光を多重化する光多重化部21dと、これらの光多重化部21c、21dにより多重化された2つの信号光をさらに多重化する光多重化部21eとに分けられている。

【0060】そして、光多重化部21c、21dと、光多重化部21eとの間に、光分散補償器ユニット25が設けられている。つまり、2つの信号光からなるチャネ

ルグループ毎に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bが設置されている。例えば、図6では、波長 λ_1 と λ_2 とのチャネルグループには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つだけ設けられ、波長 λ_3 と λ_4 とのチャネルグループには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aと分散量B2の光分散補償器ユニット25Bとが1ずつ設けられている。

【0061】このとき、各チャネルグループに配置される光分散補償器ユニット25A、25Bの設置数、組合せを選択する際には、第1、第2実施例により説明したように、各チャネルの伝送特性が良好となるものをトライアンドエラーにより選択してもよいし、光伝送系20の分散量が測定可能であればその測定結果に基づいて信号光の分散値が伝送可能な分散値内になるものを選択してもよい。

【0062】また、図7に示すように、中継器22に光分散補償器ユニット25を設ける場合、中継器22には、この中継器22を構成する光増幅器22aの後段に、増幅後の信号光を2つのチャネルグループ（波長 λ_1 、 λ_2 のグループと波長 λ_3 、 λ_4 のグループ）に波長分離する光分離部22dと、この光分離部22dにより分離された各チャネルグループ毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置してなる光分散補償器ユニット25と、光分散補償器ユニット25により分散補償された各チャネルグループ毎の信号光を再び波長多重化して伝送路へ送出する光多重化部22eとが配置されている。なお、前述した光分離部22d、光分散補償器ユニット25および光多重化部22eは、光増幅器22aの前段に設けてもよい。

【0063】さらに、図8に示すように、受信機23に光分散補償器ユニット25を設ける場合、前述した受信機23における光分離部23aは、波長 λ_1 、 λ_2 のチャネルグループと波長 λ_3 、 λ_4 のチャネルグループとに分離する光分離部23cと、波長 λ_1 、 λ_2 のチャネルグループをさらに各波長 λ_1 、 λ_2 の信号光に分離する光分離部23dと、波長 λ_3 、 λ_4 のチャネルグループをさらに各 λ_3 、 λ_4 の信号光に分離する光分離部23eとに分けられている。

【0064】そして、光分離部23cと、光分離部23d、23eとの間に、光分散補償器ユニット25が設けられている。つまり、2つの信号光からなるチャネルグループ毎に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bが設置されている。このように、第4実施例の光分散補償方式によれば、光伝送系20が互いに波長の異なる信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合にも、チャネルグループ毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置することにより、上述した第1、第2実施例と同様の作用効果が得られる。

【0065】なお、上述した実施例では、多重化する信

号光のチャンネル数が4で、各チャンネル毎の分散補償のために予め用意した光分散補償器ユニットが2種類で、且つ、2つのチャンネルグループに分ける場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

(E) 第5実施例の説明

次に、本発明の第5実施例としての光分散補償方式について説明すると、図9はそのブロック図、図10および図11はそれぞれその第1変形例および第2変形例を示すブロック図である。なお、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているため、その説明は省略する。

【0066】前述した第3、第4実施例では、各波長毎、各チャンネルグループ毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置する場合について説明したが、この第5実施例では、光伝送系20中で、複数チャンネル（本実施例では4チャンネル）の信号光に対し一括して、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置している。

【0067】即ち、図9～図11は、それぞれ、光分散補償器ユニット25を送信機21、中継器22、受信機23に設けた例を示しており、図9に示すように、送信機21に光分散補償器ユニット25を設ける場合、送信機21における光多重化部21bの後段に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置してなる光分散補償器ユニット25が設けられている。例えば、図9では、分散量B1の光分散補償器ユニット25Aと分散量B2の光分散補償器ユニット25Bとが1ずつ設けられている。

【0068】このとき、一括して配置される光分散補償器ユニット25A、25Bの設置数、組合せを選択する際には、第1、第2実施例により説明したように、各チャンネルの伝送特性が良好となるものをトライアンドエラーにより選択してもよいし、光伝送系20の分散量が測定可能であればその測定結果に基づいて信号光の分散値が伝送可能な分散値内になるものを選択してもよい。

【0069】また、図10に示すように、中継器22に光分散補償器ユニット25を設ける場合、中継器22には、この中継器22を構成する光増幅器22aの後段に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置してなる光分散補償器ユニット25が配置されている。なお、光分散補償器ユニット25は光増幅器22aの前段に設けてもよい。

【0070】さらに、図11に示すように、受信機23に光分散補償器ユニット25を設ける場合、受信機23における光分離部23aの前段に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置してなる光分散補償器ユニット25が設けられている。このように、第5実施例の光分散補償方式によれば、光伝送系20が互いに波長の異なる信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合にも、全チャンネルの信号光に対し一括して適当な設置数、組合せの光分散補償器ユ

ニット25A、25Bを設置することにより、上述した第1、第2実施例と同様の作用効果が得られる。

【0071】なお、上述した実施例では、多重化する信号光のチャンネル数が4で、各チャンネル毎の分散補償のために予め用意した光分散補償器ユニットが2種類である場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。また、上述した第2～第5実施例においては、各チャンネルの波長間隔と伝送路の分散スロープ $dD/d\lambda$ とを考慮して各光分散補償器ユニットの分散値を設計し、光分散補償器ユニットの種類をできるだけ少なくすることが重要である。

【0072】(F) 第6実施例の説明

次に、本発明の第6実施例としての光分散補償方式について説明すると、図12はそのブロック図、図13

(a)、(b)はいずれもその第1変形例を示すブロック図、図14はその第2変形例を示すブロック図、図15は第2変形例によるパッケージ構成例を示す図である。なお、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているため、その説明は省略する。

【0073】上述した第1～第5実施例では、光分散補償ユニット24A、24B、25、25A、25Bの配置手段について説明しているが、この第6実施例では、各光分散補償ユニット25、25A、25B自体の具体的な構成例および挿入・設置手段について説明する。例えば、図12に示すように、光分散補償ユニット25を構成する各光分散補償ユニット25A、25Bの前段もしくは後段に、各光分散補償器ユニット25A、25Bによる光損失を補償しうる光増幅器26を付加している。

【0074】ところで、光分散補償器としては、これまで、分散補償ファイバ、トランスバーサルフィルタタイプ、光共振器タイプなどが提案されている。現在、コア形状を工夫することで、分散値 $-100\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ 以上の分散補償ファイバが製作されているが、ファイバ長により分散補償量を容易に調節できる反面、光損失が大きくなってしまふ。

【0075】そこで、この第6実施例のように、光分散補償器ユニット25A、25BをEDFA等の光増幅器26と一体化することにより、分散補償ファイバの光損失を補償することができる。なお、図12では各光分散補償ユニット25A、25B毎に光増幅器26を付加したが、図13(a)、(b)に示すように、光分散補償器ユニット25A、25Bのグループ（光分散補償器ユニット25）について一つの光増幅器26を付加するようにしてもよい。

【0076】また、図14に示すように、光分散補償器ユニット25A、25Bのグループ（光分散補償器ユニット25）の前段および後段のそれぞれに光増幅器26A、26Bを付加してもよい。光増幅器が1段のみであると、伝送路損失と光分散補償器ユニット25での光損

失との両方を補償する大きな利得が要求されるばかりでなく、光損失の大きい光分散補償器ユニット25を光増幅器26の前段に配置した場合はNFを大きく劣化させる原因となる。これは、特に、光増幅多中継システムにおける1R中継器に光分散補償器ユニット25を挿入する場合には避けなければならない。

【0077】そこで、図14に示すように、光分散補償器ユニット25の前後を2つの光増幅器26A、26Bで挟むような構成にすることにより、前段の光増幅器のNFを小さくすることで、1R中継器全体のNFを小さく抑えることができ、且つ、2段の光増幅器26A、26Bで十分な利得を確保することができる。一方、以上説明したような光分散補償器ユニット25の、送信機21、中継器22もしくは受信機23内への挿入・設置は、例えば、次のような方式で行なわれる。送信機21、中継器22もしくは受信機23内に、予め光分散補償器ユニット25を挿入するスペースを空けておき、システム設置後に、その伝送路（光伝送系20）に応じた最適な光分散補償器ユニット25を追加して組み込むことにより、光分散補償器ユニット25を光伝送系20に挿入・設置する。

【0078】また、光伝送装置内の電子部品および光部品は、一般に、プリント基板上に実装され（このようにプリント基板上に実装された形態のものをパッケージと呼んでいる）、装置架に挿抜できる構造になっている場合が多い。そこで、光分散補償器ユニットを実装した分散補償パッケージを設け、この分散補償パッケージごと挿抜する構成にしてもよい。例えば、図14に示した光分散補償器ユニット25をパッケージ化したものを図15に示す。この図15において、27はプリント基板で、このプリント基板27上に、前後2つの光増幅器26A、26Bと、2種類3個の光分散補償器ユニット25A、25Bからなる光分散補償器ユニット25とが実装されることにより、分散補償パッケージ28が構成されている。なお、各光分散補償器ユニット25A、25Bは、プリント基板27上に設けられた小さなボビン25aに分散補償ファイバ（光ファイバ2）を所定長さ巻き付けることにより構成されている。

【0079】このような分散補償パッケージ28を用いることで、パッケージ単位で光分散補償器ユニット25の入換え・組込みを容易に行なえ、分散補償量を容易に変更することができる。

（G）第7実施例の説明

次に、本発明の第7実施例としての光分散補償方式について説明すると、図16はそのブロック図、図17および図18はそれぞれその第1適用例および第2適用例を示すブロック図である。なお、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているため、その説明は省略する。

【0080】この第7実施例では、光伝送系20を構成する送信機21、中継器22、受信機23のそれぞれ

に、図16に示すような光分散補償器ユニット32を内蔵している。この光分散補償器ユニット32は、図16に示すように、正負符号、分散量の異なる複数種類（本実施例では4種類、それぞれ分散量がB1～B4）の光分散補償器ユニット25A～25Dを、スイッチ（切換手段）29A～29Cを介して光分散補償器ユニット25A～25Dの組合せの切換・変更可能な状態で接続して構成されている。

【0081】そして、図16に示す光分散補償器ユニット32では、4種類の光分散補償器ユニット25A～25Dが3段そなえられ、スイッチ29A～29Cの切換操作により、適当な組合せの3つの光分散補償器ユニット25A～25Dを選択して光伝送系20に挿入・設置できるようになっている。なお、スイッチ29A～29Cとしては、各光分散補償器ユニット25A～25Dを光ファイバで配線する手段〔機械的な接続（機械的スイッチ）〕や、光スイッチで接続経路を選択する手段などがある。光スイッチとしては、光導波路スイッチや空間切替え型スイッチ等がある。

【0082】そして、スイッチ29A～29Cの切換操作手段としては、単純に外部からの人的作業によって光ファイバの配線を変えたり光スイッチをオン／オフしたりする手段や、外部からの電気もしくは光の制御信号により自動的に行なう手段がある。次に、外部からの制御信号により、スイッチ29A～29Cを切換操作して適当な組合せの3つの光分散補償器ユニット25A～25Dを選択する場合について、より具体的な適用例を図17および図18により説明する。

【0083】制御信号により自動的に切換操作を行なう手段としては、送受信端局から各中継器22へ制御信号を送る方式のほか、図17に示す適用例では、システム全体を集中管理するセンターオフィス30から各送信機21、中継器22、受信機23における光分散補償器ユニット32の各スイッチ29A～29Cへ制御信号を送っている。

【0084】また、図18に示す適用例では、受信機23側に、各送信機21、中継器22における光分散補償器ユニット32の各スイッチ29A～29Cへ切換用の制御信号を出力する機能と、光伝送系20における伝送特性（誤り率、波形等）を測定する伝送特性測定手段31とがそなえられている。そして、各スイッチ29A～29Cを受信機23側からの制御信号により操作して光分散補償器ユニット32における光分散補償器ユニット25A～25Dの組合せを順番に切り換えながら、伝送特性測定手段31により光伝送系20の伝送特性を測定して、この光伝送系20の伝送特性が最適となる組合せの光分散補償器ユニット25A～25Dを決定し、受信機23側からの制御信号によりスイッチ29A～29Cを操作し、光分散補償器ユニット25A～25Dの組合せを、決定された光伝送系20の伝送特性が最適となる

組合せに切り換える。

【0085】このように、第7実施例の光分散補償方式によれば、光伝送系20における送信機21、中継器22、受信機23に、複数種類の光分散補償器ユニット25A～25Dを、スイッチ29A～29Cを介して光分散補償器ユニット25A～25Dの組合せの切換・変更可能な状態で接続して予め内蔵しておくことにより、スイッチ29A～29Cを操作することで、光分散補償器ユニット25A～25Dの中から適当な組合せの光分散補償器ユニット25A～25Dが選択される。特に、図18に示すように構成することで、光分散補償器ユニット25A～25Dの組合せを、光伝送系20の伝送特性が最適となる組合せに自動的に切り換えることができる。

【0086】なお、上述した実施例では、光伝送系20を構成する送信機21、中継器22、受信機23のそれぞれに、光分散補償器ユニット32を内蔵した場合について説明したが、光分散補償器ユニット32は、送信機21、中継器22、受信機23のうちの少なくとも一つに内蔵されていれば、上述した実施例と同様の作用効果が得られることはいうまでもない。

【0087】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の光分散補償方式（請求項1～14）によれば、個々の伝送路に応じた光分散補償器を設計・製作することなく、SPM-GVD効果による波形劣化を容易に補償できるようになり、光通信システム構築までの工数削減および時間短縮を実現できる利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例としての光分散補償方式を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2実施例としての光分散補償方式を示すブロック図である。

【図3】本発明の第3実施例としての光分散補償方式を示すブロック図である。

【図4】本発明の第3実施例としての光分散補償方式の第1変形例を示すブロック図である。

【図5】本発明の第3実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図である。

【図6】本発明の第4実施例としての光分散補償方式を示すブロック図である。

【図7】本発明の第4実施例としての光分散補償方式の第1変形例を示すブロック図である。

【図8】本発明の第4実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図である。

【図9】本発明の第5実施例としての光分散補償方式を示すブロック図である。

【図10】本発明の第5実施例としての光分散補償方式の第1変形例を示すブロック図である。

【図11】本発明の第5実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図である。

【図12】本発明の第6実施例としての光分散補償方式を示すブロック図である。

【図13】(a)、(b)はいずれも本発明の第6実施例としての光分散補償方式の第1変形例を示すブロック図である。

【図14】本発明の第6実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図である。

【図15】本発明の第6実施例の第2変形例によるパッケージ構成例を示す図である。

【図16】本発明の第7実施例としての光分散補償方式を示すブロック図である。

【図17】本発明の第7実施例としての光分散補償方式の第1適用例を示すブロック図である。

【図18】本発明の第7実施例としての光分散補償方式の第2適用例を示すブロック図である。

【図19】光ファイバ入力パワーと再生中継器間隔との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

20 光伝送系

21 送信機

21a 電気/光変換部

21b～21e 光多重化部

22 中継器

22a 光増幅器

22b, 22d 光分離部

22c, 22e 光多重化部

23 受信機

23a, 23c～23e 光分離部

23b 光/電気変換部

24A, 24B, 25, 25A～25D 光分散補償器ユニット

25a ボビン

26, 26A, 26B 光増幅器

27 プリント基板

28 分散補償パッケージ

29A～29C スイッチ（切換手段）

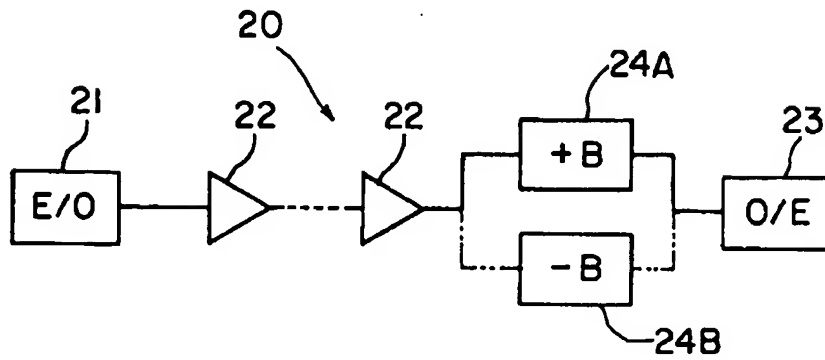
30 センターオフィス（CO）

31 伝送特性測定手段

32 光分散補償器ユニット

【図1】

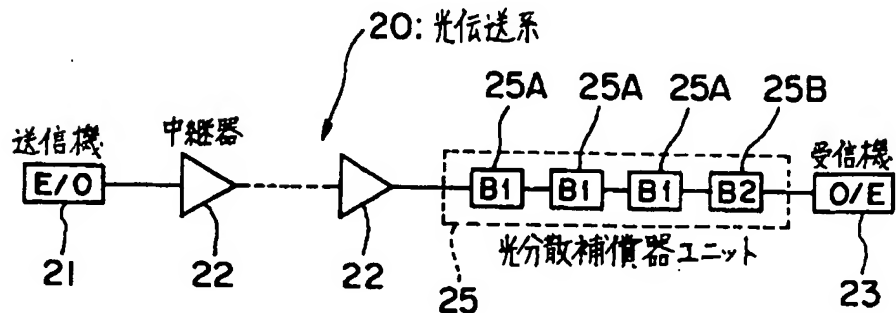
本発明の第1実施例としての光分散補償方式を示すブロック図



20 ---- 光伝送系
 22 ---- 中継器
 24A, 24B ---- 光分散補償器ユニット

【図2】

本発明の第2実施例としての光分散補償方式を示すブロック図

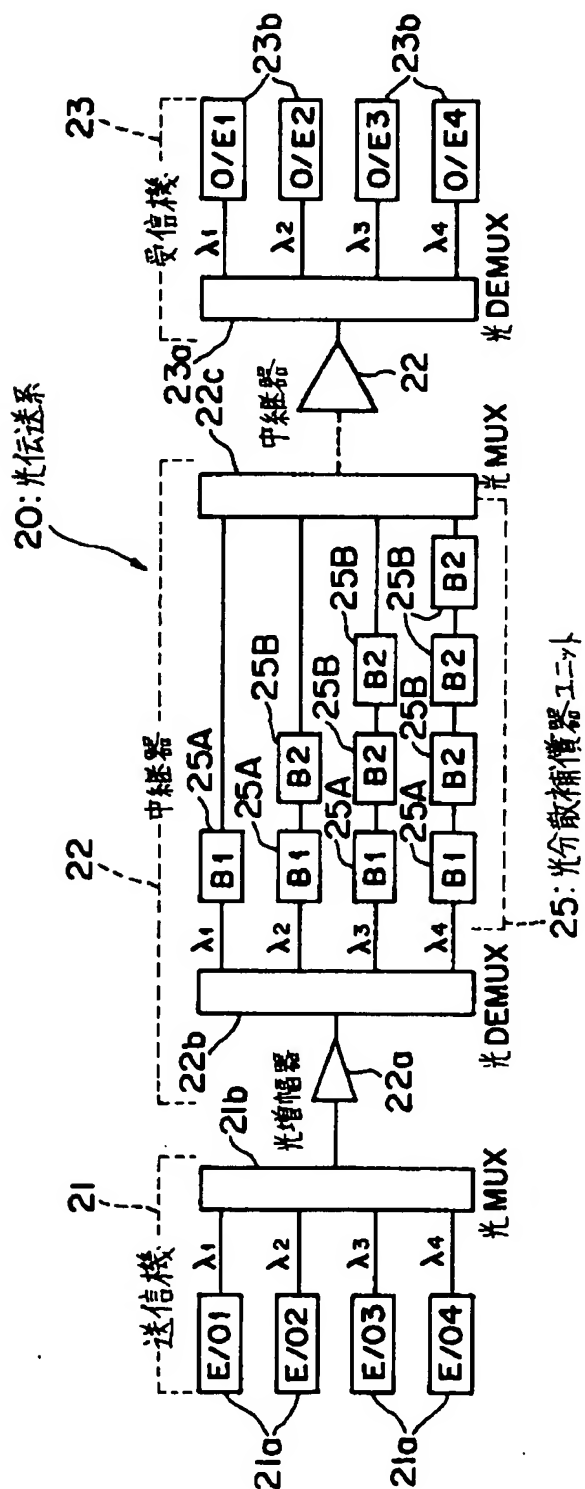


本発明の第 3 実施例としての光分散補償方式を示すブロック図



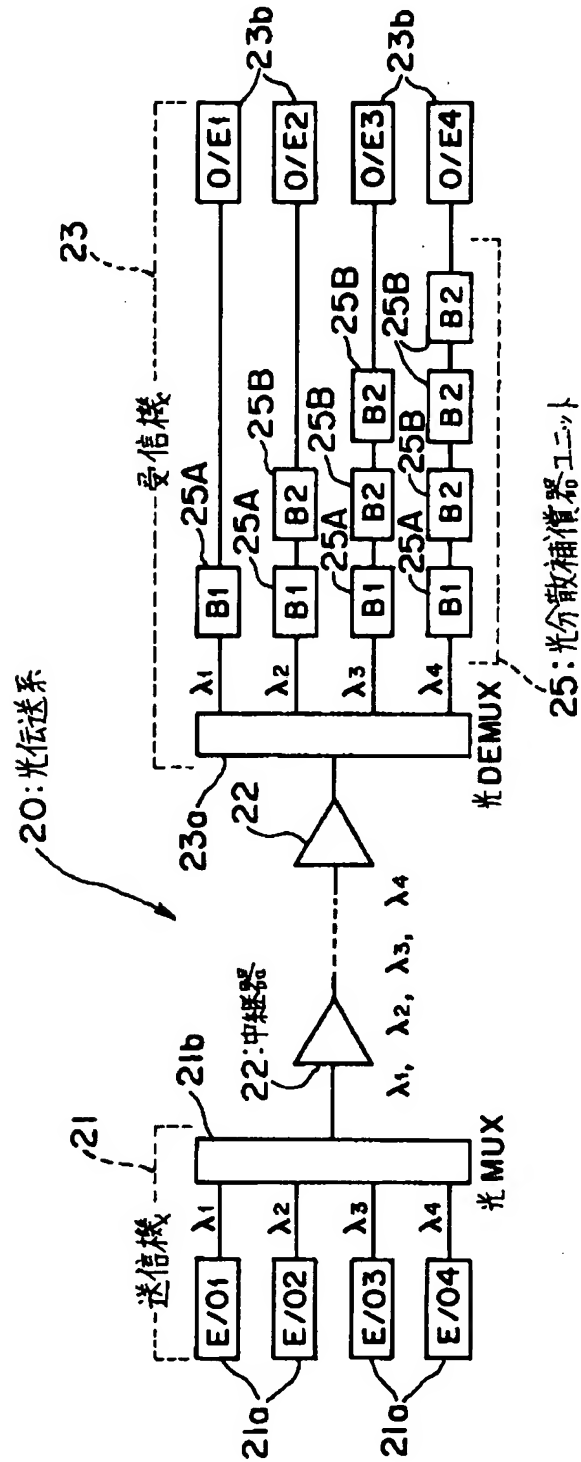
【図4】

本発明の第3実施例としての光分散補償方式の第1変形例を示すブロック図



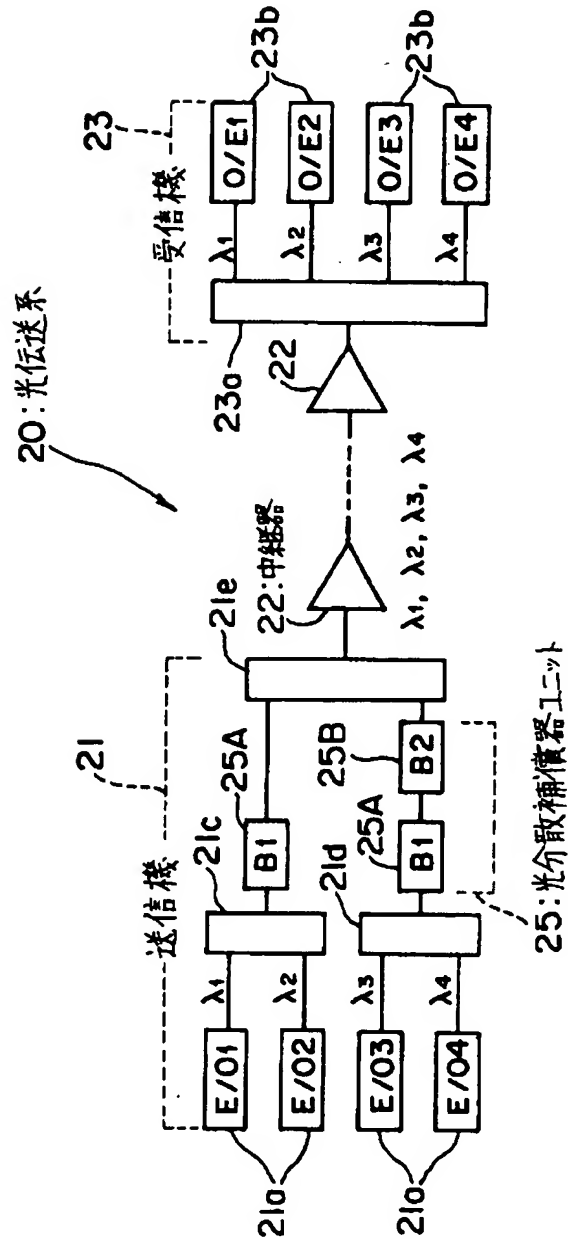
【図5】

本発明の第3実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図



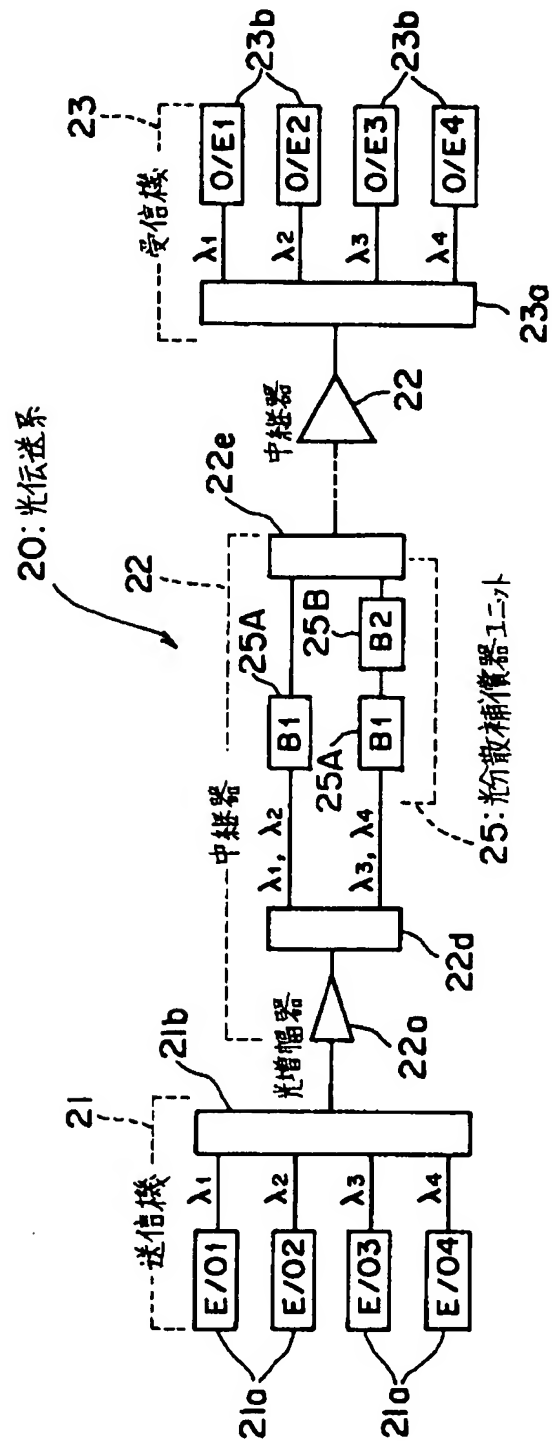
【図6】

本発明の第4実施例としての光分散補償方式を示すブロック図



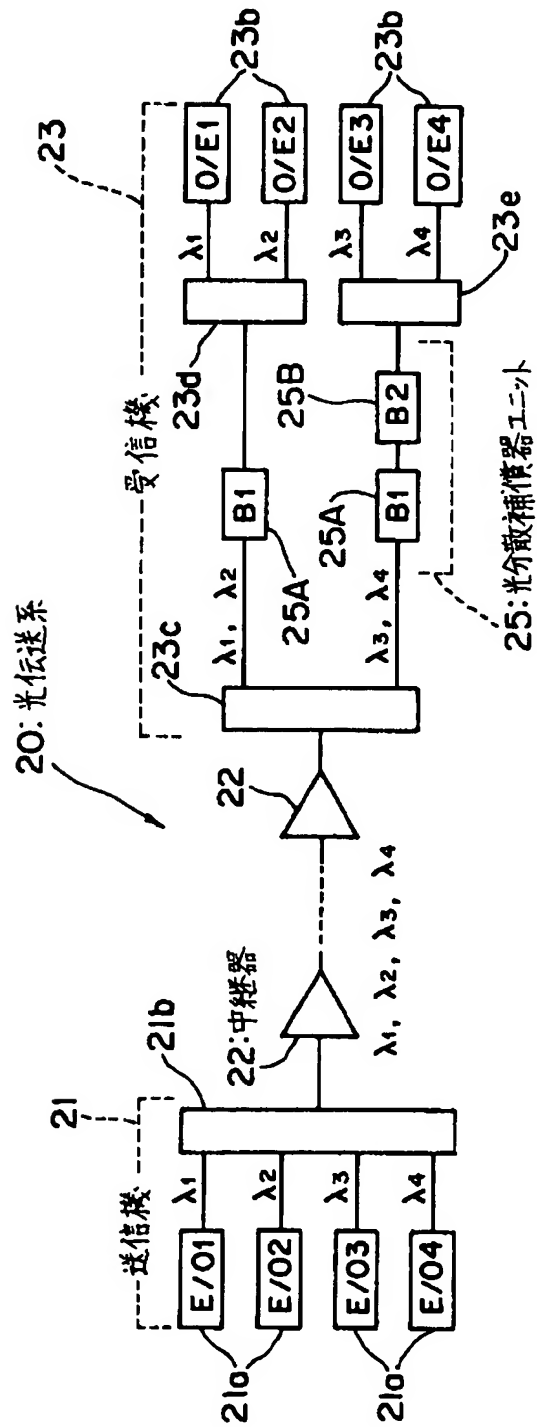
【図7】

本発明の第4実施例としての光分散補償方式の第1変形例を示すブロック図



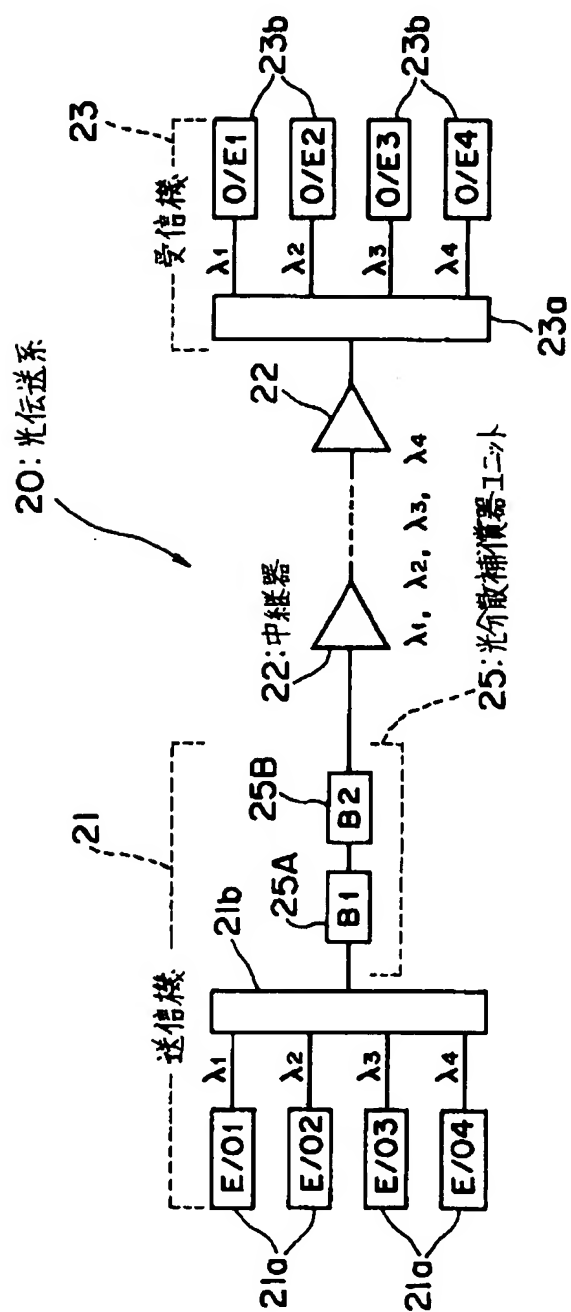
【図8】

本発明の第4実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図



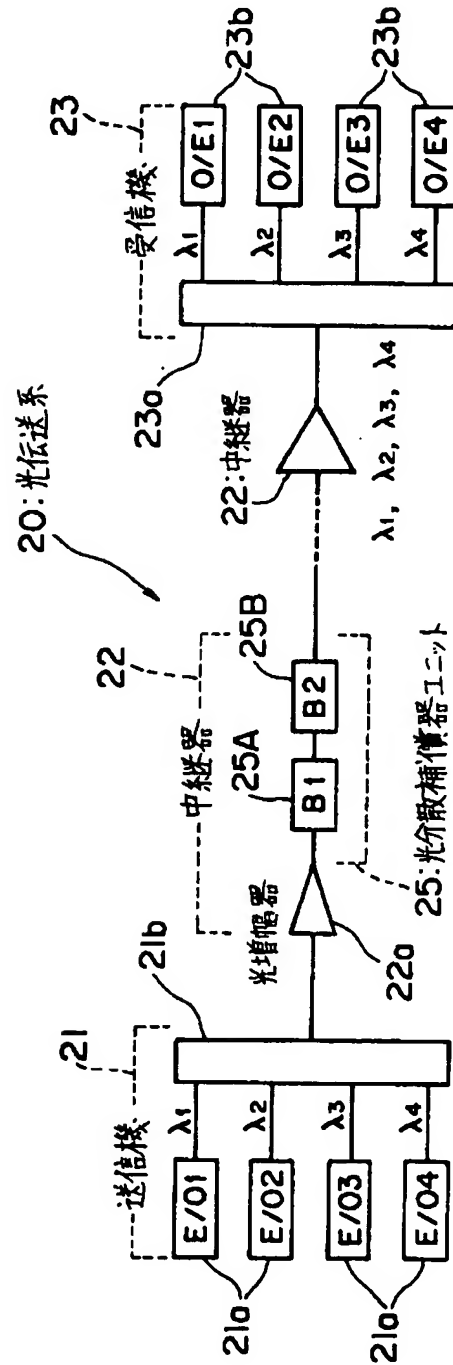
【図9】

本発明の第5実施例としての光分散補償方式を示すブロック図



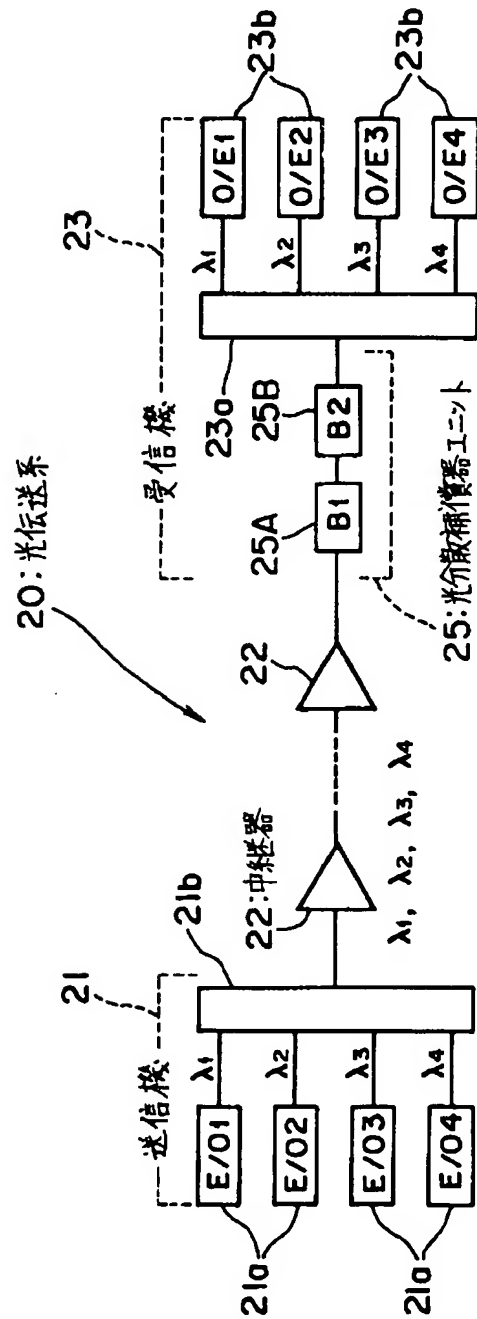
【図10】

本発明の第5実施例としての光分散補償方式の
第1変形例を示すブロック図



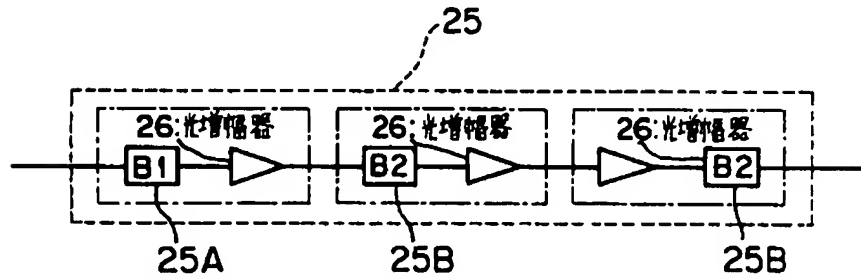
【図11】

本発明の第5実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図



【図12】

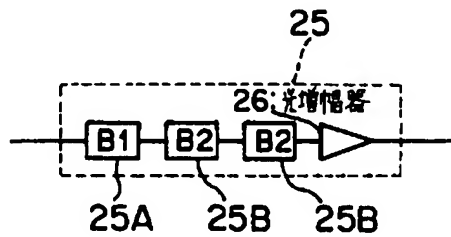
本発明の第6実施例としての光分散補償方式を示すブロック図



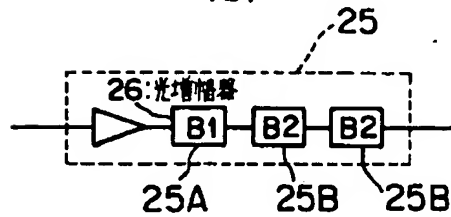
【図13】

本発明の第6実施例としての光分散補償方式の
第1変形例を示すブロック図

(a)

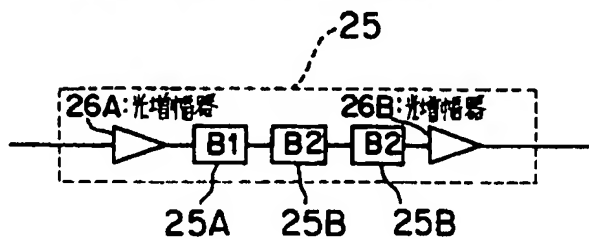


(b)



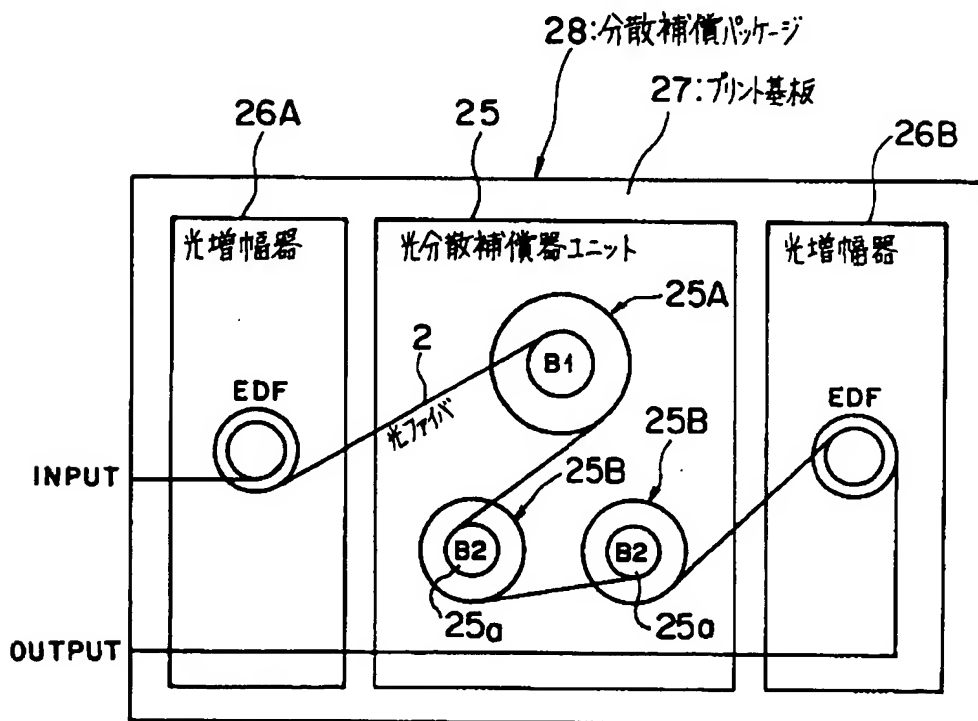
【図14】

本発明の第6実施例としての光分散補償方式の第2変形例を示すブロック図



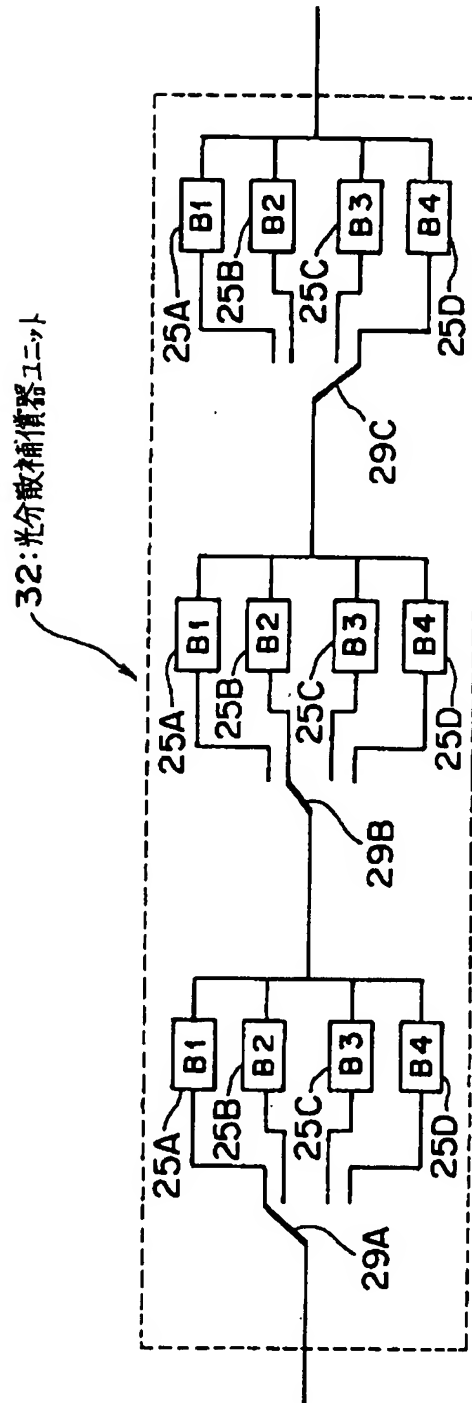
【図15】

本発明の第6実施例の第2変形例によるパッケージ構成例を示す図



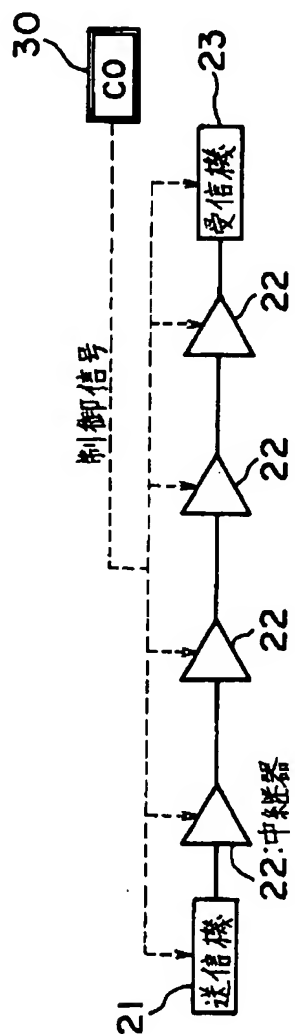
【図16】

本発明の第 7 実施例としての光分散補償方式を示すブロック図



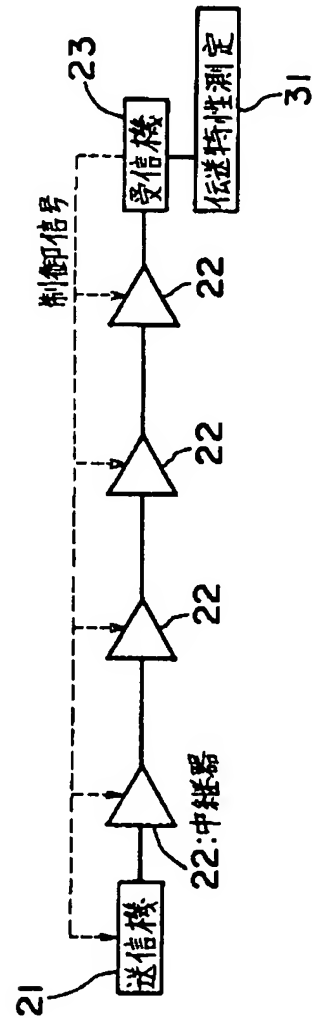
【図17】

本発明の第7実施例としての光分散補償方式の
第1適用例を示すブロック図



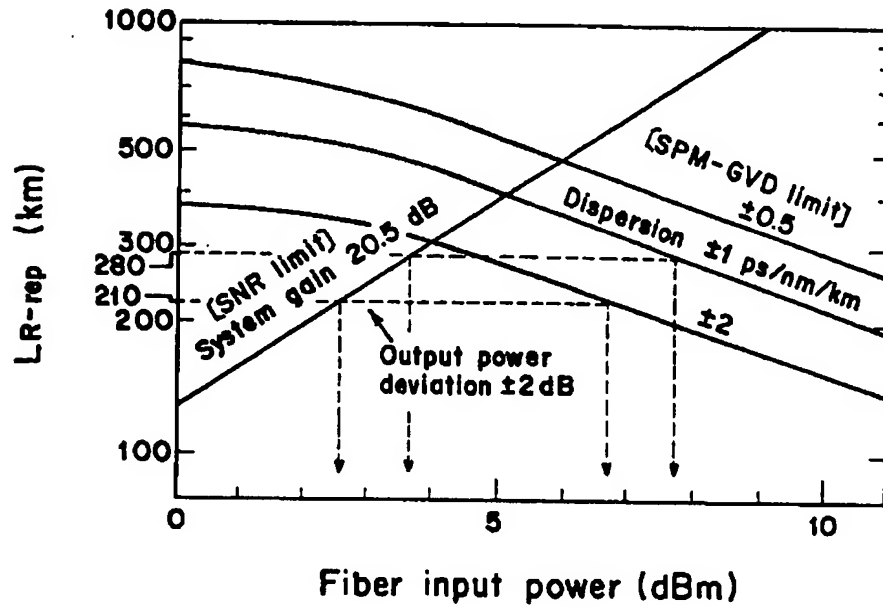
【図18】

本発明の第7実施例としての光分散補償方式の
第2適用例を示すブロック図



【図19】

光ファイバ入力パワーと再生中継器間隔との関係を示すグラフ



10 Gb/s
 $L_{in-line} = 70$ km
 Pre-chirping $\alpha = \pm 1$
 NF = 8 dB

フロントページの続き

(72)発明者 関屋 元義
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
 富士 通株式会社内
 (72)発明者 大塚 和恵
 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地
 富士 通株式会社内

(56)参考文献 特開 平5-152645 (JP, A)
 特開 昭60-43929 (JP, A)
 特開 昭62-18131 (JP, A)
 特開 平4-368028 (JP, A)

(58)調査した分野(Int. Cl. ⁷, DB名)
 H04B 10/00 - 10/28
 H04J 14/00 - 14/08
 J I C S T ファイル (JOIS)